



## **TRABAJO DE GRADO**

**Presentado por:**

**Luisa Fernanda Suárez González**

**B.Sc**

**Tutor:**

**Erika Ruiz**

**Especialización Planeación Ambiental y Manejo de Recursos  
Naturales**

**Bogotá D.C. Colombia**

**01 de Julio de 2017**

# **REPTILES Y ANFIBIOS COMO BIOINDICADORES PARA IMPLEMENTAR EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL**

## **REPTILES AND AMPHIBIANS AS BIOINDICATORS TO IMPLEMENT IN ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLANS**

Luisa Fernanda Suárez González

Bióloga

Estudiante Especialización Planeación Ambiental y Manejo de Recursos Naturales

Bogotá D.C. Colombia

luisafernanda.suarez@gmail.com

### **RESUMEN**

Los Anfibios y Reptiles como bioindicadores del estado de los ecosistemas, se han visto arraigados a un segundo plano, puesto que la mayoría de investigaciones se enfocan en monitoreos fisicoquímicos y de comunidades hidrobiológicas. En Colombia dentro de los Estudios de Impacto Ambiental y los Planes de Manejo Ambiental, integran la información del estado de los ecosistemas y los posibles impactos que se pueden generar durante la ejecución de megaproyectos.

Los Anfibios y Reptiles como bioindicadores de los ecosistemas representan ventajas, ya que según lo documentado en bibliografía son acumuladores de contaminantes que no son evidentes en otros organismos. Este artículo documental parte de una metodología descriptiva, en la que se realizó la revisión de algunos documentos que evidencian las ventajas del uso de dichos grupos faunísticos como indicadores biológicos y por otra parte una fase de entrevista a expertos con experiencia en temas ambientales y herpetológicos. Llegando a la conclusión que en el país es viable este tipo de integración de bioindicadores en los Planes de Manejo Ambiental más no en los Estudios de Impacto Ambiental; y se reafirma que la implementación de este tipo de estudios a futuro podría promover nueva producción científica.

**Palabras claves:** Bioindicador, estudio de impacto ambiental, Plan de manejo ambiental, Reptiles, Anfibios.

### **ABSTRACT**

Amphibians and Reptiles as bioindicators of the state of ecosystems have been ingrained in the background since most research focuses on physicochemical monitoring and hydrobiological communities. In Colombia, within the Environmental Impact Studies and Environmental Management Plans, both the information on the state of the ecosystems and the possible impacts that may occur during the execution of Megaprojects are integrated. Amphibians and Reptiles as bioindicators of ecosystems represent advantages as documented in the bibliography are accumulators of pollutants that are not evident in other organisms. This documentary article is based on a descriptive methodology, in which a review was made of some documents that show the advantages of using these faunistic groups as biological indicators and, on the other hand, an interview phase with experts with experience in environmental and herpetological subjects. Concluding that in the country, it is viable this type of integration of bioindicators in the Environmental Management Plans, but not in the Environmental Impact Studies; and it is reaffirmed that the implementation of this type of studies in the future could promote new scientific production.

**Key words:** Bioindicator, Environmental Impact Study, Environmental Management Plan, Reptiles, Amphibians.

## INTRODUCCIÓN

La ecología en los últimos años ha sido de gran importancia debido a que es tomada como una herramienta que permite conocer el medio ambiente y así mismo preservarlo. En las últimas décadas se ha utilizado la Biología y los Ecosistemas como herramienta en el momento de realizar proyectos. En el país se otorgan Licencias Ambientales (LA); para la ejecución de estos se necesita la entrega de Estudios de Impacto Ambiental (EIA), en los cuales se determina el estado e impactos sobre los componentes social, económico y ambiental; y en los Planes de Manejo Ambiental se proponen formas de mitigación de los posibles impactos a cada uno de los componentes esto como se encuentra plasmado en el Decreto 2041 de 2014 [17].

Una de las problemáticas con el uso de los Bioindicadores es que la mayoría de estudios se enfocan en comunidades acuáticas (organismos zooplantónicos) y plantas (epifitas vasculares y no vasculares), razón por la cual es la información que prima en las bases de datos. Además dentro de los PMA, y en los EIA no se ha establecido hasta la fecha el uso de bioindicadores y sus posibles aplicaciones a nivel general, por lo cual se deja de lado los posibles cambios en los ecosistemas generados por acciones antrópicas en los proyectos. Por lo anterior, surge la necesidad de plantear y resolver lo siguiente:

¿Es viable la implementación de reptiles y anfibios como especies bioindicadoras del estado de los ecosistemas, para los PMA y EIA?

Para dar solución al problema planteado se construyeron los siguientes objetivos: Como objetivo principal (I) Establecimiento de los reptiles y anfibios como bioindicadores para integrar en los PMA y EIA en el país; y como objetivos específicos (I) La revisión de la normativa ambiental (II) Reconocimiento de la

bibliografía científica de bioindicadores en la que se usen reptiles y anfibios (III)  
Definir la posible viabilidad del uso de reptiles y anfibios dentro de los PMA y EIA.

Por lo tanto, este artículo contribuirá a la búsqueda de nuevas metodologías científicas para poder implementarlas dentro de los componentes bióticos en los PMA. Lo cual favorece en la ampliación de literatura científica.

### 1. MARCO TEÓRICO

A continuación se describe los requisitos legales que requiere la Autoridad Ambiental conforme a los que se encuentra en la normativa.

#### 1.1 ESTUDIOS DE IMPACTO LEGAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Según lo establecido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) los EIA es un requisito para la obtención de las licencias y como base de estudio para (PMA), esto con el fin de que la calidad de la información entregada sea confiable y precisa [16].

Los EIA están definidos como una forma de identificación de los impactos ambientales ya que son el instrumento básico para la toma de decisiones en proyectos que pueden impactar a los ecosistemas [8]. Conforme a lo que se expone en la Ley 99 de 1993 en los Artículos 57 y 58 se deja claro que los EIA son el conjunto de información que deberá presentar el peticionario de una Licencia Ambiental ante la autoridad [8] [16].

Con el fin de cumplir con los objetivos de los EIA en lo relacionado con los componentes de recursos naturales y ecosistemas, se deben delimitar las zonas en donde se muestre la distribución de los suelos y unidades naturales [25], detallando dentro del marco conceptual aspectos bióticos [8] [18], el detalle de este tema garantiza una mayor objetividad a nivel espacial y poder dar cumplimiento a los objetivos establecidos dentro de los proyectos que se vayan a ejecutar.

El marco legal principal de los EIA en el país están dirigidos por la Ley 99 de 1993 Título VII: el cual articula los requerimientos para que sea otorgada una licencia ambiental y lo reglamentado en el Decreto 1753 de 1994 Capítulo V Artículos 22, 23, 24, 25, 26, 27,28 y 29 se resume (Ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Normativa ambiental respecto a los Estudios de Impacto Ambientales (EIA) para Colombia.

L E Y	TITULO/CAPITULO	ARTICULOS	DESCRIPCIÓN
L e y	TITULO VIII (Licencias Ambientales)	57	Se entiende el término de Estudio de Impacto Ambiental como el conjunto de la información que deberá presentar ante la autoridad ambiental competente el peticionario de una Licencia Ambiental.

99 de 1993		58	El interesado en una Licencia Ambiental presentará ante la autoridad ambiental competente la solicitud acompañada del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente para su evaluación.
Decreto 1753 de 1994	CAPITULO V (Estudio de Impacto Ambiental)	22	Define el concepto de EIA como un instrumento para la toma de decisiones, planificación ambiental y definición de las medidas de prevención y corrección, efectos negativos, mitigación de un proyecto obra u actividad.
		23	El estudio de impacto ambiental se exigirá en todos los casos que requieran Licencia Ambiental de acuerdo con la Ley y los reglamentos. El estudio de impacto ambiental deberá corresponder en su contenido y profundidad a las características del proyecto, obra o actividad.
		24	Retoma los objetivos y alcances que se esperan en los EIA, se encuentra lo siguiente: * Descripción y caracterización de: medio biótico, abiótico y socioeconómico en el espacio que se va a desarrollar el proyecto actividad. * Descripción de los ecosistemas * Evaluación de la oferta y vulnerabilidad de los recursos que se van a utilizar. * Identificación de los planes gubernamentales. * Diseñar los sistemas de seguimiento.
		25	Dentro el contenido el EIA deberá contener la siguiente información: * Resumen del EIA * Descripción de los procesos y operaciones * Delimitación, caracterización y diagnóstico de las áreas de influencia directa. * Plan de Manejo Ambiental, el cual se elabora para la mitigación, corrección de los impactos posibles que se generen por las actividades de operación.
		26	Términos de referencia: El Ministerio del Medio Ambiente en consulta con el Consejo Técnico Asesor de Política y Normatividad Ambiental, establecerá los términos de referencia para cada sector, con su respectivo instructivo. La Autoridad Ambiental competente podrá adaptar éstos términos de referencia a las particularidades del área de jurisdicción.
		27	Los estudios de impacto ambiental no son objeto de aprobación sino de conceptos técnicos, con base en los cuales la autoridad ambiental decide sobre el otorgamiento o no de una Licencia Ambiental.

		28	Certificado Ambiental. A petición de cualquier persona natural o jurídica, pública o privada que desarrolle un proyecto, obra o actividad la autoridad ambiental competente o en quien está cumpliendo con todas las normas ambientales vigentes. El procedimiento para expedir este certificado será establecido por el Ministerio del Medio Ambiente.
		29	El Estudio de Impacto Ambiental para la pequeña minería, podrá ser individual, colectivo o regional. Esto es aplicable también para otras actividades productivas que se adelanten en pequeña escala, de acuerdo con la reglamentación que para el efecto se expida. En todo caso la Licencia Ambiental se otorgará de manera individual y estará sometida a las obligaciones contenida en ella.

**Fuente:** Elaboración propia. Información tomada Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) [16].

De acuerdo con el (MADVT) los Planes de Manejo Ambiental se encuentran definidos como “conjunto de medidas y actividades producto de una evaluación ambiental” (p.29). Estos compilan la información necesaria para implementar dentro de los proyectos ambientales, en estos se debe encontrar información de cómo se le va a dar seguimiento, monitoreo y contingencia a cada una de las etapas del proyecto.

## 1.2 CONCEPTO DE BIOINDICADORES

Los Bioindicadores están definidos como organismos que brindan información acerca de las condiciones de calidad del ambiente [2]. De acuerdo con Campbell y Campbell; Moreno, Fonseca y Ramírez [7] [18] definen los bioindicadores como organismos estratégicos para determinar con mayor veracidad los contaminantes que pueden afectar a lo largo de la cadena trófica.

Una definición que integra lo anterior es lo expuesto por la *European Environment Agency* (2012) la cual describe a los bioindicadores como herramienta que permite caracterizar el estado del ecosistema y el impacto inmediato que se presente sobre los recursos. A partir de estas caracterizaciones se identifican los impactos puntuales y se determina las posibles acciones de mitigación contribuyendo a un desarrollo sostenible [26].

En teoría un indicador biológico debe brindar la información de la estructura, función y composición de un ecosistema, para ayudar a entender las causas de los problemas generados por los posibles impactos a los recursos naturales [11].

Dentro de los bioindicadores se encuentra un sub-grupo denominado indicadores biológicos del suelo, este se compone de grupos de animales como Aves, Nematodos, Reptiles y Anfibios entre otros; dichos indicadores representan ventajas ya que permiten saber con mayor veracidad el comportamiento de los cambios en el suelo y agua, además de la rapidez en la respuesta a posibles perturbaciones que se presenten [7] [18].

La ventaja principal de dichos bioindicadores sobre los monitoreos físico-químicos, es que los animales (Aves, Reptiles, Anfibios y Mamíferos) son acumuladores intermitentes de contaminantes y son de fácil detección, utilizando

técnicas como estudios de tejidos, eco toxicólogos, y evidenciando cambios en la morfología, fisiología, y biología comportamental [17-18]. Hay unas sustancias las cuales son de mayor detección, entre los que cataloga metales pesados, nutrientes (que en concentraciones elevadas pueden ser contaminantes), elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases [19].

Un buen indicador biológico debe cumplir con características tales como que debe ser cuantificable, que el efecto de un contaminante sobre la especie se pueda predecir y modelar a futuro, que la especie tenga poca adaptación, poco rango de movilización y que se pueda identificar a nivel de especie [19].

Otros autores como Cabido, González, López, Martín [6] ; Dalea y Berleyer [11] dentro de sus documentos dan soporte a lo anterior y complementan los requerimientos que deben atribuirse a un buen indicador biológico, y ponen la siguiente lista : organismos con una biología bien conocida, el individuo debe tener algún cambio en su morfología y fisiología que muestre el cambio, y caso contrario a lo expuesto por Pignata [19] los individuos deben tener una amplia distribución con el fin de poder realizar comparaciones, ser sensibles a la presión del ecosistema, responder al estrés de una forma que pueda ser cuantificable.

### **1.3 REPTILES Y ANFIBIOS COMO INDICADORES BIÓLOGICOS**

Los Anfibios y reptiles representan un papel elemental dentro de los ecosistemas ya que tienen alta biodiversidad y biomasa en áreas de bosque tropical. Su importancia esta en que tienen gran interacción con otras especies, por ejemplo los lagartos, como polinizadores; las tortugas como dispersoras de semillas y manteniendo el “climax” de las comunidades [14]. Además se encuentran en varios hábitats ya que por historia natural pueden adaptarse a climas fluctuantes, y diferentes paisajes [5].

Los reptiles como indicadores biológicos presentan gran importancia debido a su papel de consumidores secundarios dentro de la cadenas tróficas [14], en otras palabras son consumidores de otras poblaciones de animales que puede que hayan estado expuestas a contaminantes, acumulando en sus organismos cantidades que pueden ser reflejadas posteriormente. Estos se encuentran en un rango biogeográfico amplio, lo anterior como es expuesto por Carvajal-Cogollo [9] :” los reptiles tienen la capacidad de habitar una amplia gamma de hábitats, en donde se pueden abastecer para sus necesidades” (p.41). Este grupo es idóneo como indicador biológico ya que cumple con la condición de estar en medio terrestre y tiene poca capacidad de desplazamiento.

De la riqueza de los reptiles depende las poblaciones de otros grupos faunísticos como aves, mamíferos, insectos [9] [14] [21]. Una de las principales ventajas de este grupo se debe a que son útiles en estudios de polución, ya que tienen la capacidad de acumular contaminantes, y tienen limitada movilidad [7] [22]. La ubicación de esta especie se encuentra en troncos, matorrales, piedras y fisuras de estas, en donde estos animales colocan los huevos para refugiarse de depredadores y poder termoregular [25].

Los Anfibios –son considerados como buenos indicadores ambientales ya que pueden dar indicios de las condiciones tanto en ecosistemas terrestres como en

acuáticos [10]. En la literatura se reconoce que los anfibios en especial las larvas, presentan ventajas como bioindicadores ya que aparecen en la mayoría de cuerpos acuáticos [5] [23]. Durante la metamorfosis sufren cambios fisiológicos y morfológicos ofreciendo oportunidades para establecer estudios como por ejemplo la medición de contaminación en cuerpos de agua [3] [13].

A continuación se nombran algunos de los estudios en los que se han utilizado como bioindicadores —especies de estos grupos como posibilidades para determinar la contaminación y medición del estado de los ecosistemas.

Describe Valera [23] la contaminación atmosférica por plomo estudiando como modelo bioindicador la especie del género *Anolis*. La metodología utilizada fue por medio de estudios histológico y citológico, de riñón e hígado. Se evidenci<sup>ó</sup> manchas de Reacción Azul de Prusia positiva (RAP+) en los tejidos del hígado que sugieren que sea por efecto de contaminación derivada del plomo. Además evidenciaron deposición de hierro; el autor realizó dos consideraciones, la primera: las manchas podrían ser por consecuencia de la alimentación de plantas las cuales contenían en sus tejidos contaminantes y la segunda: por exposición directa por medio respiración del agente.

En estudios de ensamblaje de Anfibios y Reptiles, como Becerra, Bernal y González [4-5] [12] lo consideran de gran importancia este grupo ya que dan indicios del estado de los ecosistemas cuando han sido impactados principalmente por actividades antropogénicas.

Lo miden a partir de densidades de poblaciones de especies de Anuros y Reptiles en diferentes tipos de bosques.

Cabe resaltar que los estudios fueron en zonas diferentes, pero son un indicio claro que las especies son buenas como indicadoras de áreas de conservación en bosques; y esto únicamente puede ser corroborado utilizando los organismos que habitan en dichos ecosistemas.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología para este estudio fue descriptiva con enfoque cualitativo como lo expone Krause [15] ya que es una facilidad de estudio. Este se divide en tres fases.

Una primera fase analítica en la que se realizó una revisión acerca de la normativa nacional, y documentos de reptiles y anfibios usados como bioindicadores. Como criterios para la búsqueda de información se utilizaron las siguientes palabras descriptoras: bioindicadores, reptiles y anfibios como indicadores biológicos.

En una segunda fase diagnóstica se realizó una serie de entrevistas no estructurada a profesionales del área de Biología con experiencia a nivel de Doctorado y Maestría en el campo de la Herpetología y Ambiental, con experiencia en Consultoría (da servicios a clientes del sector de hidrocarburos en estudios que se entregan a las autoridades ambientales) a los cuales se les realizaron preguntas relacionadas con la viabilidad del uso de reptiles y anfibios como modelos de indicadores biológicos para implementar en los EIA y PMA.



Por último para la tercera fase ~~en-lase~~ generan las conclusiones y se da respuesta al problema de estudio.

## 2.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La fase de recolección de datos se realizó por medio de la organización de la información y una fase de entrevista a expertos en el componente abiótico y biótico.

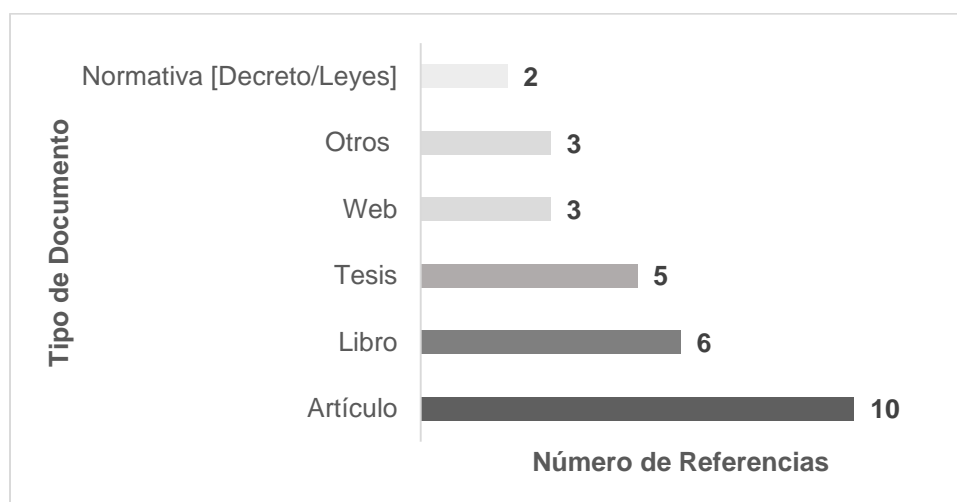
### 2.1.1 Organización y análisis de la información

Se realizó la revisión de la información del marco normativo, de bioindicadores destacando sus ventajas, y estudios realizados usando como modelo los Anfibios y Reptiles. De igual forma estos fueron combinados dentro de los buscadores (revistas indexadas) esto con el fin de ampliar la búsqueda heurística del tema. La selección de los artículos fueron aquellos en los cuales se usaran los reptiles y anfibios como indicadores del estado de los ecosistemas.

Se incluye~~o~~ en el documento fuentes primarias y secundarias, además de otras fuentes como tesis de maestría, y de páginas de congresos de Sostenibilidad, esto con el fin de abarcar distintos puntos de vista en la fase de revisión de los documentos frente al tema de los bioindicadores; no se tuvo en cuenta la restricción de documentos por fechas.

A continuación se relaciona por medio de una gráfica las referencias consultadas en porcentaje.

**Gráfica 1.** Relación de tipos de documentos consultados.



Fuente: Propia

### 2.1.2 Fase de Entrevista

Las preguntas surgieron a partir de una breve revisión de documentos relacionados con el tema de bioindicadores y del manual propuesto para indicadores biológicos para usar en EIA en la monografía por los autores del

documento [18c], y de lo planteado como problema principal del artículo: ¿Es viable la implementación de reptiles y anfibios dentro de los PMA y EIA? Se realizaron las siguientes preguntas:

- (I) ¿Cuál es su opinión frente al uso de reptiles y anfibios como bioindicadores? Y ¿-Cuáles podrían ser sus ventajas y desventajas?

Esta pregunta surge ya que hay diferencias entre lo documentado por diferentes autores que pueden o no estar de acuerdo con el uso de bioindicadores herpetológicos.

Por medio de los resultados que se obtuvieron en estudios de ensamblaje de Anuros en hábitats y a los cambios de coberturas del suelo.

- (II) ¿Cree usted viable a futuro la implementación de indicadores biológicos Anfibios y Reptiles dentro de los Planes de Manejo Ambiental (PMA) y los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)? ¿ Por qué?

Esta pregunta surge de la importancia de los indicadores biológicos que tan importantes pueden ser para dar monitoreo dentro de los PMA y si en los EIA pueden dar noción del estado de los ecosistemas.

- (III) ¿Usando como indicadores biológicos a Reptiles y Anfibios la información que se entregaría a la Autoridad Ambiental podría ser más confiable y precisa?

Surge esta pregunta de la necesidad de entregar a las autoridades ambientales información confiable de los proyectos que se van a ejecutar.

De las preguntas expuestas se realizó una discusión del problema planteado para este artículo, al final se generan conclusiones frente al tema, del uso de herpetos en los EIA, PMA y sus prospectivas a futuro.

El eje principal de la fase de entrevista fue la opinión del Profesor Juan Manuel Renjifo Rey, experto en el manejo de serpientes, además tiene un gran historial en publicaciones científicas y colaboraciones en producción documental del estudio de venenos de serpientes ofídicas en el país.

En la lista de otros entrevistados esta Raquel Castro Díaz, experta en el sector ambiental con experiencia en consultoría, maneja proyectos con operadoras del sector de hidrocarburos en el país. También se entrevistó a Néstor Nonzoque López Biólogo con nivel de Especialización, tiene trayectoria profesional en PMA y EIA para el sector de hidrocarburos y una amplia experiencia en el campo de la herpetología.

Para el enfoque de trabajo en campo con herpetos se entrevistó al Biólogo Raúl Pedroza Banda con nivel de Maestría en Biología de la Universidad Nacional, tiene experiencia en consultoría ambiental, además de realizar PMA. También ha trabajado en el sector de hidroeléctricas con el rescate de fauna silvestre.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados a partir de las respuestas de los entrevistados en el tema. Las opiniones de los expertos frente ¿Cuál es su opinión frente al uso de reptiles y anfibios como bioindicadores? ¿Cuáles podrían ser sus ventajas y desventajas?

Explica Renjifo Rey (Comunicación Personal, 31 Mayo, 2017) que cualquier organismo puede servir como un indicador ambiental como también lo reportan otros autores como [7] [11] [18] [29]. Entabla que la mayor complejidad para el uso de Reptiles y Anfibios se encuentra en que no hay la suficiente información, en aspectos de la biología, taxonomía, y ecología de dichos grupos. Esto se evidenció ya que durante la fase de búsqueda de información se encontró vacíos en la información para dicho grupo faunístico en el país, por lo que se recurrió a estudios de otros países. Una de las posibles explicaciones se debe a que en Colombia es complejo establecer la estandarización de estudios en anfibios y reptiles, debido a que las condiciones biogeográficas no son homogéneas, y posee condiciones climáticas fluctuantes a lo largo del año.

Estos grupos representan ventajas y desventajas dentro de los usos como indicadores; la ventaja es su biología ya que en el caso de los anfibios tienen un ciclo de vida en agua y otro en tierra (con algunas excepciones que no presentan estado larval), la ventaja es que hace que sean afectados por las exposiciones e intervenciones que se hacen en los hábitats como también concuerda con autores como [10-11].

Por otro lado Nonzoque López (Comunicación Personal, 06 Junio, 2017) expone que puede ser favorable para el ambiente el uso de Anfibios y Reptiles como bioindicadores, al ser uno de los grupos más diversificados y sensibles a los cambios en su entorno, como lo soportan en estudios de cambios en la morfología y fisiología de Anuros a diferentes PH es un claro ejemplo como lo expusieron los autores [13], se podría comprobar la afectación que tienen por las actividades mineras, esto se debe a que por medio de la integración de dichos grupos faunísticos dentro de los PMA y EIA se pueden realizar descripciones del estado de los ecosistemas [2] [7] [11].

Nonzoque Néstor, señala que para que el uso de Anfibios y Reptiles dentro de los documentos a entregar a la autoridad ambiental en el país, se hace necesario modificar ciertos criterios en la realización de los estudios ambientales, tales como la inversión económica y la planificación previa en la metodología.

Desde el punto de vista biológico la ventaja de Anfibios y Reptiles se debe a la especificidad de hábitats que hace más fácil establecer el papel ecológico de una especie dentro de sus nichos, ciclos de vida relativamente cortos en el caso de los anfibios, poblaciones numerosas de lagartos, entre otros.

Caso contrario a los anteriores entrevistados, Renjifo Juan Manuel, expone que los anfibios responden más fuertemente a cambios en el ambiente contrario a los reptiles. Por lo tanto se puede llegar a inferir que depende del tipo de estudio puede ser una ventaja que responda a los cambios en el ambiente como por

ejemplo los contaminantes. Por el grupo de los reptiles expone como desventaja que estos individuos se pueden ver afectados a cambios en la humedad, temperatura, radiación solar, lluvias y la estructura de la vegetación. Mayor adaptabilidad ya que se ven beneficiados (por ejemplo a los cambios en las estructuras de los bosques por actividades antropogenicas que modifican las coberturas boscosas). Efectivamente las respuestas en anfibios son más sensibles ya que por estos poseer una absorción cutánea son más sensibles a los cambios de cualquier factor en el ambiente como temperatura, exposición por contaminación en el aire [13] [23] entre otros factores.

Los Reptiles muestran claramente mayores ventajas desde su biología pero a esto el autor Pedroza Banda (Comunicación Personal, 12 Junio, 2017) argumenta que no todo este grupo faunístico es óptimo para la utilización como indicador biológico, para esto el propone grupos como las lagartijas ya que estas habitan la hojarasca y dosel del bosque, que son sensibles a los cambios en la humedad, y la densidad de población de este grupo depende del área de dosel disponible.

En cuanto a las desventajas se tiene, la poca información existente sobre su historia natural, poca certeza de las áreas de distribución, dificultad metodológica para obtener muestras representativas o confiables estadísticamente, poco interés por parte de los clientes y autoridades ambientales, lo que concuerda con lo expuesto por [32].

En cuanto a la pregunta de ¿Cree viable a futuro la implementación de indicadores biológicos (Anfibios y Reptiles dentro de los Planes de Manejo Ambiental (PMA) y los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)?.

Considera Castro Díaz, R (Comunicación Personal, 31 Mayo, 2017) que es viable como medida para los PMA específicos, planteados como una forma de seguimiento para implementar cuando se realicen actividades de largo plazo en el área de influencia del proyecto. Opina que este tipo de proyectos son viables cuando la empresa / proyecto tenga permanencia en la zona, con el fin de poder dar seguimiento a través de los monitoreos con Anfibios y Reptiles, durante varias épocas del año, al igual que en varias fases de operación de los proyectos como obras civiles, operaciones, desmantelamiento.

Estos estudios implican un costo considerable, por lo que deben plantearse como parte de las medidas de compensación y su seguimiento.

Renjifo Juan Manuel, complementa lo expuesto por Castro Raquel, ya que este tipo de monitoreos implican costos altos; ya que requieren que sean en varios periodos del año uno en las épocas de lluvias, durante las época de sequía y normalmente se requieren resultados en poco tiempo, y como todos sabemos en nuestro país muchos de los estudios son inmediatistas y no a largo plazo.

Nonzoque Néstor, considera que la viabilidad del uso de estos animales se puede usar como bioindicadores pero únicamente en los PMA debido a que son más específicos en sus actividades y área a intervenir, en cambio en los EIA la información es muy general y muchas veces no precisar la afectación a un área.

Además el entrevistado expone que se deben establecer grupos focales como ~~por~~ los individuos de la Familia: Amphisbaenidae, y se debe someter a cuales son aptos para someter al estudio de bioindicación ya que sus características ecológicas y morfológicas determinan en gran medida sus respuestas a factores externos como la contaminación o pérdida de hábitat.

Con la hipótesis que al usar este tipo de bioindicadores la información que se entregaría a la Autoridad Ambiental sería más confiable Nonzoque Néstor, dice que sí, siempre y cuando se establezcan protocolos metodológicos capaces de identificar criterios para definir un bioindicador a partir de estos animales. De presentarse esto, la información obtenida, se transformaría en un instrumento para el conocimiento de ciertas especies importantes para conservar y ayudaría a identificar las zonas más vulnerables.

La confiabilidad de la información estaría amarrada con la forma como se obtenga la información, así mismo la precisión estaría dada por los alcances de los proyectos y la disponibilidad de la información sobre las especies.

Castro Raquel, complementa con que la información que se entregaría a las autoridades depende de la metodología, alcance y pertinencia que se va a medir. Es importante plantear el seguimiento con indicadores biológicos cuando se tiene certeza de la posible afectación en el área de influencia del proyecto y la viabilidad de realizar las campañas de medición y monitoreo. El dato que se obtenga con el bioindicador debe poderse relacionar con el grado de afectación y/o cambios que se espera medir como resultado de la actividad.

Pedroza Raúl, opina que no lo haría más confiable. Porque los EIA y PMA van dirigidos a identificar principalmente a especies focales (especies en algún grado de amenaza, objeto de comercialización y/o endémicas) que resultarían siendo especies “sombrija”, que por su vulnerabilidad requieren ser protegidas y esto se logra disminuyendo o evitando la perturbación de su hábitat. Estos estudios no se enfocan en la fragilidad de un ecosistema, sino más bien en su composición biótica y cómo puede lograrse la menor alteración de ésta. Sin embargo, la inclusión de bioindicadores le daría un enfoque más ecosistémico a los EIA y PMA's (Plan de Manejo Ambiental de Seguimiento).

## **CONCLUSIONES**

Con lo expuesto por los profesionales entrevistados y realizando una comparación con lo documentado en la literatura, se puede llegar a considerar que los anfibios y reptiles son de gran ventaja para integrar dentro de los PMA, debido a que se puede dar reconocimiento del estado de los ecosistemas y complementa la información del componente biótico.

También se concluye que este tipo de monitoreos usando Anfibios y Reptiles son viables en los PMA específicos ya que van a mayor tiempo contrario al caso de los EIA que son de mayor tiempo.

Los anfibios y reptiles son grupos estratégicos que efectivamente actúan como indicadores ambientales de los diferentes ecosistemas, debido a sus capacidades fisiológicas que los favorecen como su permeabilidad de la piel la cual causa biocuamulación de posibles sustancias contaminadoras, lo que lleva a afectar otras especies dentro de la cadena trófica. Además esto puede

conllevar a consecuencias sobre las poblaciones aledañas a los proyectos quienes podrían presentar consecuencias en las condiciones de vida tanto por enfermedades que se puedan ver reflejadas, o por aumento de plagas y cambio en las condiciones de humedad, temperatura entre otros.

Se evidenci~~ó~~<sup>e</sup> que para Colombia se encuentra poca información frente al tema de indicadores biológicos a la hora de demostrar resultados. Usando como modelo Anfibios y Reptiles, se sugiere impulsar nuevos estudios tanto de la Biología de dichos grupos, esto con el fin de poder implementar dentro de los PMA. Por lo cual se propone a futuro próximos estudios enfocados principalmente en Familias de Lagartos ya que son especies de fácil detección en campo, tienen biología conocida y dan pistas del estado del ecosistema.

### AGRADECIMIENTOS

Al Dc. Juan Manuel Renjifo, Raquel Castro, Raúl Pedroza y Nestor Nonzoque por toda la ayuda brindada para el desarrollo de este artículo documental.

### REFERENCIAS

- [1] Anze, R., Franken, M., Zaballa, M., Pinto, M., Gabriel Zeballos., Cuadros, M., Canseco, A., De la Rocha, A., Estellano, V., Granado, S. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual Redesma*, 1, pp. 53-74. En: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S199510782007000100005&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S199510782007000100005&script=sci_arttext)
- [2] Alkorta, I., Aizpurua, A., Riga, P., Albizu, I., Amezaga, I., Garbisu, C. (2003). Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Environmental Health*, 18(1), pp. 65-73. Doi: 10.1515/REVEH.2003.18.1.65.
- [3] Bantle, J., Dumont, J., Finch, R., Linder, G. (1991). Atlas of abnormalities. A guide for the performance of FETAX (Frogue Embroy Teratogenesis Assay-Xenopus). Washington U.S: Army Medical Research and Development Command.
- [4] Becerra, C. (2011).Ensamblaje de Anuros en tres hábitats correspondientes a bosque, potrero y rural en el Parque Agroecológico Merecure, Villavicencio, Meta. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.
- [5] Bernal, V. (2014). Respuesta de los ensamblajes de anfibios y reptiles a los cambios en la cobertura del suelo, en localidades del departamento del Cesar-Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá-Colombia.
- [6] Cabido, C., Gonzalo, A., López, P. y Martin, J. (2005). Poblaciones Urbanas de la lagartija Ibérica: Usó como Bioindicador de los efectos del medio ambiente

urbano. España: *XIX Premio de Medio Ambiente. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia*.

[7] Campbell, K., Campbell, T. (2002). A logical starting for developing priorities for lizard and snake ecotoxicology: A review of available data. *Environmental Toxicology and chemistry*, 21(5), p.894-901. Doi: 10.1002/etc.5620210502.

[8] Canter, L.W. (1998). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto. Madrid, España: Mac Graw Hill-Interamericana.

[9] Carvajal-Cogollo J. (2014). Evaluación a múltiples escalas de los efectos de la transformación del paisaje sobre los ensamblajes de Reptiles en Localidades de la Región Caribe Colombiana. Tesis de Doctorado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Colombia-Bogotá.

[10] Cooke, M. (1981). Tadpoles as indicator of harmful levels of pollution in the field. *Environmental Pollution*, 25, pp.123-133. Doi:10.1080/02772240903471245

[11] Dalea, V., Beyerler, S. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1 (1), 3-10. 2017, Mayo 29, De Elsevier Base de datos. En: <http://www.napawatersheds.org/img/managed/Document/3454/Dale%20and%20Beyeler%20%202001%20%20Challenges%20in%20the%20development%20and.pdf>

[12] González, D (2010). Ensamblaje de anfibios y su relación con variables del micro hábitat en un gradiente potrero-borde-interior de bosque en la reserva forestal San José en la Laguna protectora y Productora de Pedro Palo (Tena, Cundinamarca). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana.

[13] Henao, L., Bernal, B. (2011). Tolerancia al PH en embriones y renacuajos de cuatro especies de Anuros Colombianos. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas*, 35 (134), pp.105-110. ISSN 0370-3908

[14] Jones, C. (2002). Reptiles and amphibians. En Handbook of ecological restoration (pp.355-375). Cambridge: Cambridge University Press. Doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511549984.020>.

[15] Krause, M. (1995). La investigación Cualitativa: Un campo de Posibilidades y Desafíos. *Revista Temas de Educación*, 7, pp.19-39. En: <https://investiga-aprende-2.wikispaces.com/file/view/Inv-cualitat-Krause.pdf>.

[16] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Metodología General para el Estudio de Impactos Ambientales. [Archivo PDF]. Colombia.

[17] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Decreto Número 2041: Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales. [Archivo PDF]. Colombia.

[18] Moreno, J., Fonseca, N., Ramírez, H. (2006). La importancia del uso de los Indicadores Biológicos en los Estudios de Impacto Ambiental. Tesis de Especialización. Universidad Industrial de Santander. Colombia-Santander.

[19] Pignata, M. (2003). Curso sobre: Monitoreos en estudios de contaminación atmosférica. Instituto de Ecología, La paz, Bolivia.

[20] Pinilla, G. (1998). Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos continentales de Colombia. [Archivo PDF] Bogotá-Colombia. Fundación Universitaria Jorge Tadeo En: [http://www.academia.edu/23956863/Indicadores\\_biol%C3%B3gicos\\_en\\_ecosistemas\\_continentales\\_de\\_Colombia.\\_Compilaci%C3%B3n\\_bibliogr%C3%A1fica](http://www.academia.edu/23956863/Indicadores_biol%C3%B3gicos_en_ecosistemas_continentales_de_Colombia._Compilaci%C3%B3n_bibliogr%C3%A1fica).

[21] Pleguezuelos, J., Márquez, R., Lizana, M. (2002). Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. [Archivo PDF]. España-Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza Asociación Herpetológica.

[22] Sparling, D., Fellers, G., McConell., L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, pp.1591-1595. Doi: 10.1002/etc.5620200725

[23] Stebbins, R., Cohen N. (1995). Capítulo 1: *Introducción*. En: A natural history of amphibians (p.3). New Jersey: Princeton University Press.

[24] Valera, M. (1997). La utilización de órganos de *Anolis* sp. Como Bioindicadores de Contaminación. *Ciencia y Sociedad*, 22, pp.121-138. En: <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/982>

[25] Webb, J., Shine, R. (2000). Paving the way for hábitat restoration: can artificial rocks restore degraded hábitats of endangered reptiles? *Biological Conservation*, 92, pp. 93-99. En: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00056-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00056-7)

[26] Zapata, P., Diana, M., Londoño, C., González, C., Idárraga, J., Poveda, A. (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. [Archivo PDF]. Bogotá-Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. En: [http://www.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia\\_presentacion\\_ea.pdf](http://www.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia_presentacion_ea.pdf).

[27] European Environment Agency. (2012). Parte 1: Introducción, Título 3: Relación con el ambiente, indicadores de los ecosistemas. En: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>

[28] República de Colombia. Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones. En: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

[29] República de Colombia. Decreto 1753: Modificación sobre Licencias Ambientales. En: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=12>